

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-266498

(P2001-266498A)

(43)公開日 平成13年9月28日(2001.9.28)

(51)Int.CI.⁷
G11B 20/14
20/10
20/18
H03M 7/14
13/41

識別記号

F I
G11B 20/14
20/10
20/18
H03M 7/14
13/41

マーク (参考)

341 A 5D044
321 Z 5J065
534 Z
B

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全20頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-87126(P2000-87126)

(22)出願日 平成12年3月23日(2000.3.23)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 服部 雅之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72)発明者 宮内 俊之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

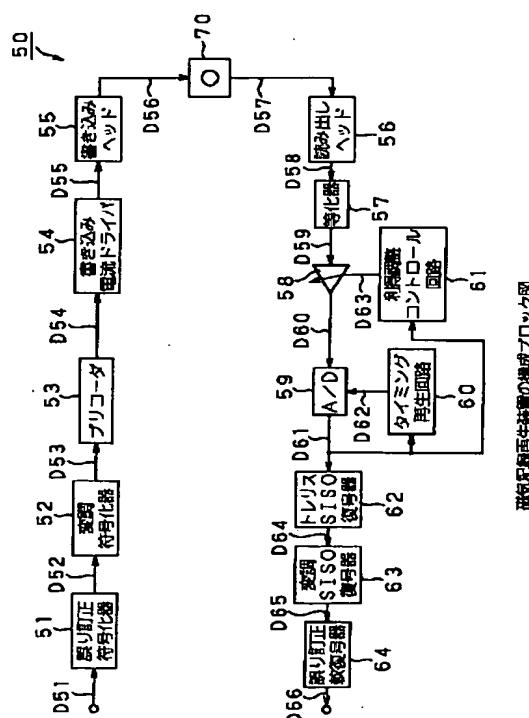
最終頁に続く

(54)【発明の名称】データ再生装置及びデータ再生方法、並びに、データ記録再生装置及びデータ記録再生方法

(57)【要約】

【課題】効率のよい復号処理を行い、復号誤り率を低下する。

【解決手段】磁気記録再生装置50は、変調符号化器52により所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調SISO復号器63を備える。磁気記録再生装置50において、変調SISO復号器63は、軟入力軟出力(Soft Input Soft Output; 以下、SISOと記す。)型の変調復号器であり、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力する。変調SISO復号器63は、トレリスSISO復号器62から供給されるトレリス軟出力信号D64を入力し、記録系における変調符号化器52に入力された誤り訂正符号化データD52に対する軟判定値を求め、変調軟判定信号D65を生成する。変調SISO復号器63は、生成した変調軟判定信号D65を後段の誤り訂正軟復号器64に供給する。



磁気記録再生装置の構成ブロック図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生装置であって、上記記録媒体に対してデータを記録する記録機器が備える変調符号化手段により所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調復号手段を備え、上記変調復号手段は、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力することを特徴とするデータ再生装置。

【請求項2】 上記変調符号化手段は、制約条件にしたがって符号化を行うものであり、上記変調復号手段は、上記制約条件に対応した軟出力復号を行うことを特徴とする請求項1記載のデータ再生装置。

【請求項3】 上記変調復号手段は、上記変調符号化手段から出力される各出力符号語に対して設けられ、上記各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出手段を有し、上記尤度算出手段により算出された尤度値を用いて、上記変調符号化手段に入力された入力ビット及び上記変調符号化手段から出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項2記載のデータ再生装置。

【請求項4】 上記変調符号化手段は、上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うものであり、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項2記載のデータ再生装置。

【請求項5】 上記変調復号手段は、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズムに基づくトレリス復号を行ふことを特徴とする請求項4記載のデータ再生装置。

【請求項6】 軟入力の信号を入力し、チャネル応答に応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うトレリス復号手段と、

入力した軟入力の信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号手段とを備え、上記変調復号手段は、上記トレリス復号手段から供給される軟出力のトレリス軟出力信号を入力し、上記変調符号化手段に入力された誤り訂正符号化データに対する軟判定値を求めて得られた軟出力の変調軟判定信号を、上記誤り訂正軟復号手段に供給することを特徴とする請求項2記載のデータ再生装置。

【請求項7】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項1記載のデータ再生装置。

【請求項8】 記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生方法であって、上記記録媒体に対してデータを記録する際に行われる変調符号化工程にて所定の変調符号化が施されたデータを

変調復号する変調復号工程を備え、

上記変調復号工程では、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力することを特徴とするデータ再生方法。

【請求項9】 上記変調符号化工程では、制約条件にしたがって符号化を行っており、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応した軟出力復号を行うことを特徴とする請求項8記載のデータ再生方法。

10 【請求項10】 上記変調復号工程は、上記変調符号化工程にて生成されて出力される各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出工程を有し、

上記変調復号工程では、上記尤度算出工程にて算出された尤度値を用いて、上記変調符号化工程にて入力された入力ビット及び上記変調符号化工程にて生成されて出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項9記載のデータ再生方法。

20 【請求項11】 上記変調符号化工程では、上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行っており、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項9記載のデータ再生方法。

【請求項12】 上記変調復号工程では、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズムに基づくトレリス復号を行うことを特徴とする請求項11記載のデータ再生方法。

【請求項13】 軟入力の信号を入力し、チャネル応答に応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うトレリス復号工程と、

入力した軟入力の信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号工程とを備え、上記変調復号工程では、上記トレリス復号工程にて生成される軟出力のトレリス軟出力信号を入力し、上記変調符号化工程にて入力された誤り訂正符号化データに対する軟判定値を求めて軟出力の変調軟判定信号を生成し、上記誤り訂正軟復号工程では、上記変調軟判定信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項9記載のデータ再生方法。

【請求項14】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いることを特徴とする請求項8記載のデータ再生方法。

【請求項15】 記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、上記記録媒体に対してデータを記録する記録系として、上記記録媒体に対してデータを記録する際に所定の変調符号化を施す変調符号化手段を備え、上記記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、上記変調符号化手段により上記所定の変調符号

化が施されたデータを変調復号する変調復号手段を備え、

上記変調復号手段は、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力することを特徴とするデータ記録再生装置。

【請求項16】 上記変調符号化手段は、制約条件にしたがって符号化を行い、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応した軟出力復号を行うことを特徴とする請求項15記載のデータ記録再生装置。

【請求項17】 上記変調復号手段は、

上記変調符号化手段から出力される各出力符号語に対して設けられ、上記各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出手段を有し、

上記尤度算出手段により算出された尤度値を用いて、上記変調符号化手段に入力された入力ビット及び上記変調符号化手段から出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項16記載のデータ記録再生装置。

【請求項18】 上記変調符号化手段は、上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行い、
上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項16記載のデータ記録再生装置。

【請求項19】 上記変調復号手段は、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズムに基づくトレリス復号を行うことを特徴とする請求項18記載のデータ記録再生装置。

【請求項20】 上記再生系は、

軟入力の信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うトレリス復号手段と、
入力した軟入力の信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号手段とを備え、

上記変調復号手段は、上記トレリス復号手段から供給される軟出力のトレリス軟出力信号を入力し、上記変調符号化手段に入力された誤り訂正符号化データに対する軟判定値を求めて得られた軟出力の変調軟判定信号を、上記誤り訂正軟復号手段に供給することを特徴とする請求項16記載のデータ記録再生装置。

【請求項21】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項15記載のデータ記録再生装置。

【請求項22】 記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、

上記記録媒体に対してデータを記録する記録系として、
上記記録媒体に対してデータを記録する際に所定の変調符号化を施す変調符号化工程を備え、

上記記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、上記変調符号化工程にて上記所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調復号工程を備え、

上記変調復号工程では、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力することを特徴とするデータ記録再生方法。

【請求項23】 上記変調符号化工程では、制約条件にしたがって符号化を行い、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応した軟出力復号を行うことを特徴とする請求項22記載のデータ記録再生方法。

【請求項24】 上記変調復号工程は、上記変調符号化工程にて生成されて出力される各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出工程を有し、

上記変調復号工程では、上記尤度算出工程にて算出された尤度値を用いて、上記変調符号化工程にて入力された入力ビット及び上記変調符号化工程にて生成されて出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項23記載のデータ記録再生方法。

【請求項25】 上記変調符号化工程では、制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行い、

20 上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項23記載のデータ記録再生方法。

【請求項26】 上記変調復号工程では、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズムに基づくトレリス復号を行うことを特徴とする請求項25記載のデータ記録再生方法。

【請求項27】 上記再生系は、

軟入力の信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うトレリス復号工程と、

30 入力した軟入力の信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号工程とを備え、

上記変調復号工程では、上記トレリス復号工程にて生成される軟出力のトレリス軟出力信号を入力し、上記変調符号化工程にて入力された誤り訂正符号化データに対する軟判定値を求めて軟出力の変調軟判定信号を生成し、
上記誤り訂正軟復号工程では、上記変調軟判定信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項23記載のデータ記録再生方法。

【請求項28】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いることを特徴とする請求項22記載のデータ記録再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生装置及びデータ再生方法、並びに、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置及びデータ記録再生方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 例えば、ディジタルデータを記録する記

録媒体として、ハードディスクやいわゆるD V C R (Digital Video Cassette Recorder)、いわゆるCD (Compact Disc) やDVD (Digital Versatile Disk)、及びいわゆるMO (Magneto Optical) 等の磁気、光及び光磁気記録方式による各種記録媒体が広く知られている。

【0003】これらの記録媒体に対して信号を記録するためには、例えば、磁気記録方式による記録媒体に対しては書き込みヘッドにより磁化方向を制御したり、光記録方式による記録媒体に対してはスタンバにより信号に応じた長さのピットを形成するといったように、記録媒体に対して物理的な処理を施す必要がある。その際、記録媒体に記録された信号を読み出す再生側での読み出し信号の振幅制御やクロック再生が正常に動作するよう記録媒体に対して信号を記録する記録側では、通常、予め信号に対して所定の変調符号化を施し、記録媒体に対して信号を記録する方式が用いられる。

【0004】この変調符号化を行う変調符号化器は、一般に、各種制限のないバイナリ信号を入力し、各種制限が加えられたバイナリ信号を出力する。ここで、信号に対する制限としては、例えば、符号における“0”，

“1”的個数が十分長い範囲で均等になるような制限であるDC free制限や、符号において連続する“0”的個数の最小値及び最大値が、それぞれ、d個及びk個となる制限である(d, k)制限等がある。(d, k)制限の概念を具体的に説明するために、(d, k) = (2, 7)制限を満たす符号を出力する変調符号化器における入出力例を示すと、図9に示すようになる。すなわち、(d, k) = (2, 7)制限を満たす符号を出力する変調符号化器150は、制限が加えられていない入力信号を入力すると、この入力信号に変調符号化を施し、連続する“0”的個数の最小値が2個、最大値が7個であるような出力信号を生成して出力する。

【0005】このように、制限のない系列を制限のある系列に変換する場合には、入力ビットの総数よりも出力ビットの総数が多くなる。ここで、入力ビットの総数をK、出力ビットの総数をNと表すものとすると、通常、K/Nを符号化率Rとして表す。この符号化率Rは、変調符号化の効率を表す指標値となるものであり、同じ制限を満たす出力信号を生成する変調符号化器を比較した場合には、符号化率Rが高い変調符号化器は、符号化率Rが低い変調符号化器よりも、一定の出力ビットに対して多くの入力ビットを符号化できることを示す。換言すれば、符号化率Rが高い変調符号化器は、符号化率Rが低い変調符号化器よりも、定められた記録媒体に対して多くの情報を記録できる。

【0006】また、変調符号化には、入力ビットを所定の長さのブロックに区切り、各ブロックに対応する所定の長さのブロックに区切られた出力ビットを生成するブロック符号化方式と、入力ビットとこの入力ビットに対

応する出力ビットの符号化単位が変動する可変長符号化方式とがある。例えば、変調符号化として通常用いられているいわゆる8/9符号や16/17符号はブロック符号化方式に属するものであり、いわゆる(1, 7)RLL符号や(2, 7)RLL符号は可変長符号化方式に属するものである。

【0007】例えば、入力ビットとして2ビットの信号

を入力し、(d, k) = (0, 2)制限を満たす3ビットの出力ビットを生成するブロック変調符号化方式の場合、変調符号化器は、次表1に示すような変換テーブルを図示しないメモリ等に格納しており、この変換テーブルを参照することによって、2ビットの入力ビットに対応する3ビットの出力ビットを求め、逐次出力する。

【0008】

【表1】

表1 変換テーブルの一例

入力ビット	出力ビット
00	011
01	101
10	111
11	110

【0009】一方、変調符号化された信号を変調復号する変調復号器は、表1に示した変換テーブルに対応する表2に示すような逆変換テーブルを図示しないメモリ等に格納しており、この逆変換テーブルを参照することによって、3ビットの入力ビットに対応する2ビットの復号ビットを求め、逐次出力する。

【0010】

【表2】

表2 逆変換テーブルの一例

入力ビット	復号ビット
000	01
001	00
010	10
011	00
100	11
101	01
110	11
111	10

【0011】変調復号器としては、例えば図10に示すものがある。この変調復号器160は、少なくともROM (Read Only Memory) 161を備える。変調復号器160は、入力アドレス信号D161を入力し、この入力アドレス信号D161で与えられるROM161におけるアドレスに格納されている内容を変調復号信号D162として出力する。実際には、変調復号器160は、表

2に示した逆変換テーブルにしたがって入力ビットから復号ビットへの逆変換を行う場合には、表2における入力ビットに対応するROM161のアドレスに復号ビットの内容が格納されており、このアドレスに格納されている復号ビットを読み出すことによって、逆変換を行う。

【0012】また、変調復号器としては、例えば図11に示すものがある。この変調復号器170は、少なくとも組み合わせ回路171を備える。変調復号器170は、入力信号D171を入力し、組み合わせ回路171により入力信号D171に対する論理演算を行い、変調

$$\begin{aligned} b_0 &= (a_1 \& a_2) \mid (a_0 \& !a_1 \& !a_2) \mid (!a_0 \& a_1 \& !a_2) \\ b_1 &= (a_0 \& !a_1) \mid (!a_0 \& !a_1 \& !a_2) \mid (a_0 \& a_1 \& !a_2) \end{aligned}$$

【0014】このような変調符号化器及び変調復号器を、磁気記録方式による記録媒体に対するデータの記録及び再生を行う磁気記録再生装置に適用した場合、この磁気記録再生装置は、図12に示すように構成される。

【0015】すなわち、同図に示す磁気記録再生装置200は、データを記録媒体250に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器201と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器202と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダ203と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ204と、記録媒体250に対してデータを記録するための書き込みヘッド205とを備える。また、磁気記録再生装置200は、記録媒体250に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体250に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド206と、入力したデータを等化する等化器207と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路208と、アナログデータをデジタルデータに変換するアナログ-デジタル変換器（以下、A/Dと記す。）209と、クロックを再生するタイミング再生回路210と、利得調整回路208を制御する利得調整コントロール回路211と、入力したデータに対していわゆるビタビ復号を施すビタビ復号器212と、入力したデータに対して変調復号を施す変調復号器213と、入力したデータ

$$F = \gamma(1 \oplus D) \quad (\oplus \text{は、排他的論理和}) \quad \dots (2)$$

【0021】次に、磁気記録再生装置200は、書き込み電流ドライバ204によって、プリコーダ203から供給されたバイナリ信号であるプリコード信号D204に対して、 $0 \rightarrow -I$, $1 \rightarrow +I$ とするように、各ビット

復号信号D172を生成する。実際には、変調復号器170は、表2に示した逆変換テーブルにしたがって入力ビットから復号ビットへの逆変換を行う場合には、3ビットの入力信号D171を (a_0, a_1, a_2) 、2ビットの変調復号信号D172を (b_0, b_1) と表すと、出力ビットである (b_0, b_1) を、次式(1)に示すような論理式に対応する組み合わせ回路171により生成する。なお、同式において、“!”は論理和を表し、“&”は論理積を表し、“!”は論理否定を表す。

【0013】

【数1】

$\dots (1)$

に対して誤り訂正復号を施す誤り訂正復号器214とを備える。

【0016】このような磁気記録再生装置200は、記録媒体250に対してデータを記録する場合には、次に示すような処理を行う。

【0017】まず、磁気記録再生装置200は、入力データD201を入力すると、この入力データD201に対して、誤り訂正符号化器201により誤り訂正符号化を施し、誤り訂正符号化データD202を生成する。

【0018】次に、磁気記録再生装置200は、変調符号化器202によって、誤り訂正符号化器201から供給された誤り訂正符号化データD202に対して変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データD203を生成する。

【0019】次に、磁気記録再生装置200は、プリコーダ203によって、変調符号化器202から供給された変調符号化データD203に対して、記録媒体250へのデータの書き込みから再生系における等化器207における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、プリコード信号D204を生成する。例えば、プリコーダ203は、チャネルが $1-D$ の特性を有する場合には、次式(2)で表されるフィルタリングFを施す。

【0020】

【数2】

トを書き込み電流値 I に変換し、書き込み電流信号D205を生成する。

【0022】そして、磁気記録再生装置200は、書き込みヘッド205によって、書き込み電流ドライバ20

4から供給された書き込み電流信号D 205に応じた書き込み磁化信号D 206を記録媒体250に対して与える。

【0023】磁気記録再生装置200は、このような処理を行うことによって、記録媒体250に対してデータを記録することができる。

【0024】一方、記録媒体250に記録されているデータを再生する場合には、磁気記録再生装置200は、次に示すような処理を行う。

【0025】まず、磁気記録再生装置200は、読み出しヘッド206によって、記録媒体250から読み出しちゃみ化信号D 207を読み出し、この読み出しちゃみ化信号D 207に応じた読み出しち電流信号D 208を生成する。

【0026】次に、磁気記録再生装置200は、等化器207によって、読み出しぱド206から供給された読み出しち電流信号D 208に対して、記録系における記録媒体250へのデータの書き込みから当該等化器207における出力までのチャネル応答が所定の特性、例えば1-Dとなるように等化を行い、等化信号D 209を生成する。

【0027】次に、磁気記録再生装置200は、利得調整回路208によって、利得調整コントロール回路211から供給される利得調整コントロール信号D 213に基づいて、等化器207から供給された等化信号D 209の利得を調整し、利得調整信号D 210を生成する。

$$R_d = (1 - D) / (1 \oplus D) \quad (\oplus \text{は、排他的論理和}) \quad \dots (3)$$

【0031】次に、磁気記録再生装置200は、変調復号器213によって、ビタビ復号器212から供給されたビタビ復号信号D 214に対して変調復号を施し、記録系における変調符号化器202とは逆のデータの対応付けを図り、制限のある一定長の系列から、制限のない元の入力データ系列である変調復号信号D 215を生成する。

【0032】そして、磁気記録再生装置200は、誤り訂正復号器214によって、変調復号器213から供給された変調復号信号D 215に対して誤り訂正符号の復号を行い、出力データD 216を生成する。

【0033】磁気記録再生装置200は、このような処理を行うことによって、記録媒体250に記録されているデータを再生することができる。

【0034】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の磁気記録再生装置200においては、再生系における変調復号器213が変調符号化器202による変調符号化とは逆のバイナリ信号間の対応付けを行う機能しか有しておらず、変調復号器213に対する入出力ともバイナリ信号である必要があることから、ビタビ復号器212よりも後段における信号は、全てバイナリ信号であった。

なお、利得調整コントロール信号D 213は、利得調整コントロール回路211によって、後述するディジタルチャネル信号D 211に基づいて生成されるものであり、等化信号D 209の振幅を期待される値に保つための制御信号である。

【0028】次に、磁気記録再生装置200は、A/D 209によって、利得調整回路208から供給された利得調整信号D 210をデジタル化し、ディジタルチャネル信号D 211を生成する。なお、このとき、A/D

10 209は、タイミング再生回路210により生成されて供給されるクロック信号D 212に基づいてサンプリングを行う。このタイミング再生回路210は、ディジタルチャネル信号D 211を入力し、クロックを再生して得られたクロック信号D 212をA/D 209に供給する。

【0029】次に、磁気記録再生装置200は、A/D 209から供給されるディジタルチャネル信号D 211をビタビ復号器212に入力し、このビタビ復号器212によって、記録系におけるプリコーダ203の前段から再生系における等化器207における出力までのチャネル応答、例えば次式(3)で表されるチャネル応答R_dに対してビタビ復号を行い、ビタビ復号信号D 214を生成する。

【0030】

【数3】

【0035】換言すれば、磁気記録再生装置200においては、変調復号器213の前段でバイナリ信号を生成するとともに、変調復号器213の後段でもバイナリ信号を処理する必要があった。

【0036】したがって、磁気記録再生装置200においては、2値のバイナリ信号を用いる必要から、信号に含まれる情報量を故意に削減することになり、効率のよい復号処理ができず、結果として復号誤り率を劣化させる原因となっていた。

【0037】本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、効率のよい復号処理を行い、復号誤り率を低下することができるデータ再生装置及びデータ再生方法、並びに、データ記録再生装置及びデータ記録再生方法を提供することを目的とする。

【0038】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成する本発明にかかるデータ再生装置は、記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録機器が備える変調符号化手段により所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調復号手段を備え、この変調復号手段は、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力することを特徴としている。

【0039】このような本発明にかかるデータ再生装置は、軟入力軟出力型の変調復号手段によって、所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する。

【0040】また、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ再生方法は、記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する際に行われる変調符号化工程にて所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調復号工程を備え、この変調復号工程では、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力することを特徴としている。

【0041】このような本発明にかかるデータ再生方法は、変調復号工程にて所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する際に、軟入力の信号を入力して、軟出力の信号を出力する。

【0042】さらに、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、記録媒体に対してデータを記録する際に所定の変調符号化を施す変調符号化手段を備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、変調符号化手段により所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調復号手段を備え、変調復号手段は、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力することを特徴としている。

【0043】このような本発明にかかるデータ記録再生装置は、軟入力軟出力型の変調復号手段によって、変調符号化手段により所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する。

【0044】さらにまた、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、記録媒体に対してデータを記録する際に所定の変調符号化を施す変調符号化工程を備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、変調符号化工程にて所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調復号工程を備え、変調復号工程では、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力することを特徴としている。

【0045】このような本発明にかかるデータ記録再生方法は、変調復号工程にて所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する際に、軟入力の信号を入力して、軟出力の信号を出力する。

【0046】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0047】この実施の形態は、例えば、ハードディス

クやいわゆるD V C R (Digital Video Cassette Recorder) 等の磁気記録方式による記録媒体に対してデータを記録する記録系と、これらの記録媒体に記録されているデータを再生する再生系とを備える磁気記録再生装置である。

【0048】この磁気記録再生装置は、変調符号化された信号を変調復号する変調復号器として、軟入力 (soft input) であるデータを入力するとともに、軟出力 (soft output) であるデータを出力する軟入力軟出力 (Soft Input Soft Output; 以下、S I S Oと記す。) 型の変調復号器を適用したものである。

【0049】まず、第1の実施の形態として示す磁気記録再生装置について説明する。ここではまず、この磁気記録再生装置の再生系に適用する変調復号手段であるS I S O型の変調復号器について図1及び図2を参照して説明する。

【0050】図1に示す変調復号器10は、入力kビットに対してnビットの変調符号化を行う符号化率 $R = k/n$ のブロック変調により符号化されたデータを復号するものである。

【0051】この変調復号器10は、軟入力とされる受信信号Rを入力すると、この受信信号Rの各ビットが“0”である確率 $P(M_i = 0 | R)$ と、各ビットが“1”である確率 $P(M_i = 1 | R)$ とを算出し、最終的には、 $M = (M_0, M_1, \dots, M_{n-1})$ で表される変調符号ブロックMに対する軟判定値である事後確率情報(a posteriori probability information) $P(M_i = 0 | R)$ 及び $P(M_i = 1 | R)$ 、若しくは $C = (C_0, C_1, \dots, C_{k-1})$ で表される変調符号入力ブロックCに対する軟判定値である事後確率情報 $P(C_i = 0 | R)$ 及び $P(C_i = 1 | R)$ 、又はこれらの双方を算出して出力する。

【0052】なお、変調復号器としては、上述した各事後確率情報を個別的に出力するのではなく、事後確率情報比の対数値、すなわち、 $\log(P(M_i = 1 | R) / P(M_i = 0 | R))$ や $\log(P(C_i = 1 | R) / P(C_i = 0 | R))$ として出力することもできる。この対数値は、一般には対数尤度比(log likelihood ratio)と呼ばれ、ここでは、受信信号Rを入力した際の変調符号ブロックM及び変調符号入力ブロックCの尤度を示すものである。

【0053】また、変調復号器としては、上述した受信信号Rを入力するのではなく、変調符号入力ブロックCに対する事前確率情報(a priori probability information) $P(C_i = 0)$ 及び $P(C_i = 1)$ が入力信号として与えられてもよい。

【0054】このような変調復号器としては、具体的には、例えば図2に示すような各部を有するものが考えられる。ここでは、2ビットの入力ビットに対して3ビットの出力ビットを生成するために、次表3に示す変換テ

一ブルにしたがって符号化されたデータを復号するものとして説明する。

【0055】

【表3】

表3 変換テーブルの一例

入力ビット	出力ビット
00	011
01	101
10	111
11	110

【0056】同図に示す変調復号器20は、各受信ビットの尤度を算出する尤度算出手段である（3ビット×2=）6つの尤度算出回路21₁, 21₂, 21₃, 21₄, 21₅, 21₆と、データを加算する4つの加算器22₁, 22₂, 22₃, 22₄と、2つのデータA, Bに対して $\log(e^A + e^B)$ の演算を行う4つの $\log - \text{sum}$ 回路23₁, 23₂, 23₃, 23₄と、2つのデータを加算する4つの加算器24₁, 24₂, 24₃, 24₄と、2つのデータの比をとる2つの比較器25₁, 25₂とを有する。

【0057】尤度算出回路21₁, 21₂, 21₃, 21₄, 21₅, 21₆は、それぞれ、受信信号D21（R）における各受信ビットを入力し、各受信ビットの尤度を算出する。

【0058】すなわち、尤度算出回路21₁は、3ビットの受信信号D21を構成する0ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D22₁（ $\log P(R_0 = 0 | R)$ ）を算出する。尤度算出回路21₁は、生成した対数確率値D22₁を加算器22₁に供給する。

【0059】また、尤度算出回路21₁は、3ビットの受信信号D21を構成する0ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D22₂（ $\log P(R_1 = 1 | R)$ ）を算出する。尤度算出回路21₁は、生成した対数確率値D22₂を加算器22₂, 22₃, 22₄に供給する。

【0060】さらに、尤度算出回路21₁は、3ビットの受信信号D21を構成する1ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D22₃（ $\log P(R_0 = 0 | R)$ ）を算出する。尤度算出回路21₁は、生成した対数確率値D22₃を加算器22₂に供給する。

【0061】さらにまた、尤度算出回路21₁は、3ビットの受信信号D21を構成する1ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D22₄（ $\log P(R_1 = 1 | R)$ ）を算出する。尤度算出回路21₁は、生成した対数確率値D22₄を加算器22₂, 22₃, 22₄に供給する。

【0062】また、尤度算出回路21₁は、3ビットの受信信号D21を構成する2ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D22₅（ $\log P(R_0 = 0 | R)$ ）を算出する。尤度算出回路21₁は、生成した対数確率値D22₅を加算器22₄に供給する。

【0063】さらに、尤度算出回路21₁は、3ビットの受信信号D21を構成する2ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D22₆（ $\log P(R_1 = 1 | R)$ ）を算出する。尤度算出回路21₁は、生成した対数確率値D22₆を加算器22₄, 22₅, 22₆に供給する。

【0064】加算器22₁は、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₁と、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₄と、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₅とを加算し、尤度値D23₁を生成する。すなわち、この尤度値D23₁は、 $\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 011)$ と表される確率に他ならない。加算器22₁は、生成した尤度値D23₁を $\log - \text{sum}$ 回路23₁, 23₃に供給する。

【0065】加算器22₂は、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₂と、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₄と、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₆とを加算し、尤度値D23₂を生成する。すなわち、この尤度値D23₂は、 $\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 101)$ と表される確率に他ならない。加算器22₂は、生成した尤度値D23₂を $\log - \text{sum}$ 回路23₁, 23₃に供給する。

【0066】加算器22₃は、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₃と、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₄と、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₅とを加算し、尤度値D23₃を生成する。すなわち、この尤度値D23₃は、 $\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)$ と表される確率に他ならない。加算器22₃は、生成した尤度値D23₃を $\log - \text{sum}$ 回路23₁, 23₃に供給する。

【0067】加算器22₄は、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₂と、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₃と、尤度算出回路21₁から供給された対数確率値D22₆とを加算し、尤度値D23₄を生成する。すなわち、この尤度値D23₄は、 $\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)$ と表される確率に他ならない。加算器22₄は、生成した尤度値D23₄を $\log - \text{sum}$ 回路23₁, 23₃に供給する。

【0068】 $\log - \text{sum}$ 回路23₁は、加算器22₁から供給された尤度値D23₁と、加算器22₂から供給された尤度値D23₂とに対して、次式(4)に示す演算を行い、尤度値D24₁を生成する。 $\log - \text{sum}$ 回路23₁は、生成した尤度値D24₁を加算器24₁に供給する。

【0069】

【数4】

$$\begin{aligned} & \log \left(e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 011)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 101)} \right) \\ &= \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) \right) \end{aligned}$$

... (4)

【0070】 log-sum回路23は、加算器22, 10回路23, は、生成した尤度値D24, を加算器24, に

から供給された尤度値D23, と、加算器22, から供給

された尤度値D23, とに対して、次式(5)に示す演

算を行い、尤度値D24, を生成する。log-sum

回路23, は、生成した尤度値D24, を加算器24, に

供給する。

【0071】

【数5】

$$\begin{aligned} & \log \left(e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)} \right) \\ &= \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) \end{aligned}$$

... (5)

【0072】 log-sum回路23, は、加算器22, から供給された尤度値D23, と、加算器22, から供給

された尤度値D23, とに対して、次式(6)に示す演

算を行い、尤度値D24, を生成する。log-sum

回路23, は、生成した尤度値D24, を加算器24, に

供給する。

【0073】

【数6】

$$\begin{aligned} & \log \left(e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 011)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)} \right) \\ &= \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) \right) \end{aligned}$$

... (6)

【0074】 log-sum回路23, は、加算器22, から供給された尤度値D23, と、加算器22, から供給

された尤度値D23, とに対して、次式(7)に示す演

算を行い、尤度値D24, を生成する。log-sum

回路23, は、生成した尤度値D24, を加算器24, に

供給する。

【0075】

【数7】

$$\begin{aligned} & \log \left(e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 101)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)} \right) \\ &= \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) \end{aligned}$$

... (7)

【0076】加算器24,は、log-sum回路23,から供給された尤度値D24,と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D25, ($\log P(C_0 = 0)$)とを加算し、対数確率値D26,を生成する。この対数確率値D26,は、次式(8)に示す確率を表

$$\begin{aligned} \log P(C_0 = 0 | R) &= \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) \right) \\ &\quad + \log P(C_0 = 0) \end{aligned}$$

... (8)

【0078】加算器24,は、log-sum回路23,から供給された尤度値D24,と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D25, ($\log P(C_0 = 1)$)とを加算し、対数確率値D26,を生成する。

この対数確率値D26,は、次式(9)に示す確率を表

$$\begin{aligned} \log P(C_0 = 1 | R) &= \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) \\ &\quad + \log P(C_0 = 1) \end{aligned}$$

... (9)

【0080】加算器24,は、log-sum回路23,から供給された尤度値D24,と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D25, ($\log P(C_0 = 0)$)とを加算し、対数確率値D26,を生成する。この対数確率値D26,は、次式(10)に示す確率を

すものである。加算器24,は、生成した対数確率値D26,を比較器25,に供給する。

【0077】

【数8】

すものである。加算器24,は、生成した対数確率値D26,を比較器25,に供給する。

【0079】

【数9】

30

すものである。加算器24,は、生成した対数確率値D26,を比較器25,に供給する。

【0081】

【数10】

40

$$\log P(C_1 = 0 | R) = \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) \right) + \log P(C_1 = 0)$$

... (10)

【0082】加算器24₁は、log-sum回路23₁から供給された尤度値D24₁と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D25₁(log P(C₁=1))とを加算し、対数確率値D26₁を生成する。この対数確率値D26₁は、次式(11)に示す確率を

$$\log P(C_1 = 1 | R) = \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) + \log P(C_1 = 1)$$

... (11)

【0084】比較器25₁は、加算器24₁から供給された対数確率値D26₁と、加算器24₁から供給された対数確率値D26₁との比をとり、復号対数事後確率比D27₁(log(P(C₀=1|R))/P(C₀=0|R)))を生成し、外部に出力する。

【0085】比較器25₂は、加算器24₂から供給された対数確率値D26₂と、加算器24₂から供給された対数確率値D26₂との比をとり、復号対数事後確率比D27₂(log(P(C₀=1|R))/P(C₀=0|R)))を生成し、外部に出力する。

【0086】このような各部を有する変調復号器20₁は、伝送過程において発生したノイズの影響によりアナログ値をとり軟入力とされる受信信号D21₁(R)における各受信ビット、すなわち、変調符号化側での各出力符号語に対する尤度算出回路21₁₁, 21₁₂, 21₁₃, 21₁₄, 21₁₅, 21₁₆を有し、これらの尤度算出回路21₁₁, 21₁₂, 21₁₃, 21₁₄, 21₁₅, 21₁₆により各出力符号語の尤度を求め、得られた尤度値を用いることによって、変調符号化側での入力ビット及び出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を実直に求めることができる。

【0087】なお、変調復号器20₁は、対数事前確率D25₁₁, D25₁₂, D25₁₃, D25₁₄を外部から入力するが、図示しない変調符号化器に入力されるバイナリ信号を構成する各ビットが“0”である確率と“1”である確率とが均等である場合には、対数事前確率D25₁₁, D25₁₂, D25₁₃, D25₁₄を入力する必要はなく、こ

10 表すものである。加算器24₁は、生成した対数確率値D26₁を比較器25₁に供給する。

【0083】

【数11】

れらの対数事前確率D25₁₁, D25₁₂, D25₁₃, D25₁₄の値が全て“0”であるように扱えばよい。

【0088】また、変調復号器20₁は、2ビットの入力ビットから3ビットの出力ビットに変調符号化されたデータの復号を行うものとして説明したが、変調復号器としては、入力ビット及び/又は出力ビット数に拘泥することなく、入力ビット及び/又は出力ビット数に対応した同様の構成でもよい。

【0089】さて、このような変調復号器を適用した磁気記録再生装置について図3を用いて説明する。

【0090】同図に示す磁気記録再生装置50₁は、データを記録媒体70₁に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器51₁と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器52₁と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すブリコーダ53₁と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ54₁と、記録媒体70₁に対してデータを記録するための書き込みヘッド55₁とを備える。また、磁気記録再生装置50₁は、記録媒体70₁に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体70₁に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド56₁と、入力したデータを等化する等化器57₁と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路58₁と、アナログデータをデジタルデータに変換するアナログ-デジタル変換器(以下、A/Dと記す。)59₁と、クロックを再生するタイミング再生回路

60と、利得調整回路58を制御する利得調整コントロール回路61と、入力したデータに対してトレリス復号を施すSISO型の復号器であるトレリスSISO復号器62と、入力したデータに対して変調復号を施すSISO型の復号器である変調SISO復号器63と、入力したデータに対して誤り訂正軟復号を施す誤り訂正軟復号器64とを備える。

【0091】記録系における誤り訂正符号化器51は、入力データD51に対して誤り訂正符号化を施す。誤り訂正符号化器51は、誤り訂正符号化して生成した誤り訂正符号化データD52を後段の変調符号化器52に供給する。

【0092】変調符号化手段である変調符号化器52は、誤り訂正符号化器51から供給された誤り訂正符号化データD52に対して所定の変調符号化を施し、制限

$$F = \gamma_{(1 \oplus D)} \quad (\oplus \text{は、排他的論理和}) \quad \dots (12)$$

【0095】書き込み電流ドライバ54は、プリコーダ53から供給されたプリコード信号D54に対して、 $0 \rightarrow -I_-, 1 \rightarrow +I_+$ とするように、各ビットを書き込み電流値 I_\pm に変換し、書き込み電流信号D55を生成する。書き込み電流ドライバ54は、生成した書き込み電流信号D55を後段の書き込みヘッド55に供給する。

【0096】書き込みヘッド55は、書き込み電流ドライバ54から供給された書き込み電流信号D55に応じた書き込み磁化信号D56を記録媒体70に対して与えることによって、記録媒体70に対してデータを記録する。

【0097】再生系における読み出しヘッド56は、記録媒体70から読み出し磁化信号D57を読み出し、この読み出し磁化信号D57に応じた読み出し電流信号D58を生成する。読み出しヘッド56は、生成した読み出し電流信号D58を後段の等化器57に供給する。

【0098】等化器57は、読み出しヘッド56から供給された読み出し電流信号D58に対して、記録系における記録媒体70へのデータの書き込みから当該等化器57における出力までのチャネル応答が所定の特性、例えば $1-D$ となるように等化を行い、等化信号D59を生成する。等化器57は、生成した等化信号D59を後段の利得調整回路58に供給する。

【0099】利得調整回路58は、利得調整コントロール回路61から供給される利得調整コントロール信号D63に基づいて、等化器57から供給された等化信号D59の利得を調整し、利得調整信号D60を生成する。利得調整回路58は、生成した利得調整信号D60を後段のA/D59に供給する。

【0100】A/D59は、タイミング再生回路60から供給されるクロック信号D62に基づいて、利得調整回路58から供給された利得調整信号D60のサンプリ

が加えられた系列である変調符号化データD53を生成する。変調符号化器52は、生成した変調符号化データD53を後段のプリコーダ53に供給する。

【0093】プリコーダ53は、変調符号化器52から供給された変調符号化データD53に対して、記録媒体70へのデータの書き込みから再生系における等化器57における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、バイナリ信号であるプリコード信号D54を生成する。例えば、プリコーダ53は、チャネルが $1-D$ の特性を有する場合には、次式(12)で表されるフィルタリングFを施す。プリコーダ53は、生成したプリコード信号D54を後段の書き込み電流ドライバ54に供給する。

【0094】

【数12】

ングを行い、利得調整信号D60をデジタル化してデジタルチャネル信号D61を生成する。A/D59は、生成したデジタルチャネル信号D61をタイミング再生回路60、利得調整コントロール回路61及びトレリスSISO復号器62に供給する。

【0101】タイミング再生回路60は、A/D59から供給されるデジタルチャネル信号D61からクロックを再生し、クロック信号D62を生成する。タイミング再生回路60は、生成したクロック信号D62をA/D59に供給する。

【0102】利得調整コントロール回路61は、A/D59から供給されるデジタルチャネル信号D61に基づいて、等化信号D59の振幅を期待される値に保つための制御信号である利得調整コントロール信号D63を生成する。利得調整コントロール回路61は、生成した利得調整コントロール信号D63を利得調整回路58に供給する。

【0103】トレリス復号手段であるトレリスSISO復号器62は、A/D59から供給されるデジタルチャネル信号D61を入力し、記録系におけるプリコーダ53の前段から再生系における等化器57における出力までのチャネル応答、例えば次式(13)で表されるチャネル応答 R_n に対応するトレリスに基づいて、いわゆるBCJR(Bahl, Cocke, Jelinek and Raviv)アルゴリズムやSOVA(Soft Output Viterbi Algorithm)アルゴリズム等に基づく軟出力復号を行い、トレリス軟出力信号D64を生成する。トレリスSISO復号器62は、生成したトレリス軟出力信号D64を後段の変調SISO復号器63に供給する。

【0104】

【数13】

$$R_{\text{d}} = (1 - D) / (1 + D) \quad (\oplus \text{は、排他的論理和}) \quad \cdots (13)$$

【0105】変調復号手段である変調SISO復号器63は、上述した変調復号器10, 20として構成されるものであり、SISO型の変調復号器である。変調SISO復号器63は、トレリスSISO復号器62から供給されるトレリス軟出力信号D64を入力し、記録系における変調符号化器52に入力された誤り訂正符号化データD52に対する軟判定値を求め、変調軟判定信号D65を生成する。この変調軟判定信号D65は、上述した対数尤度比の形式で表される復号対数事後確率比D27, D27, に対応するものである。変調SISO復号器63は、生成した変調軟判定信号D65を後段の誤り訂正軟復号器64に供給する。

【0106】誤り訂正軟復号手段である誤り訂正軟復号器64は、変調SISO復号器63から供給される変調軟判定信号D65に対して、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく誤り訂正符号の軟復号を行い、軟出力又は硬出力(hard output)の出力データD66として外部に出力する。

【0107】このような磁気記録再生装置50は、記録媒体70に対してデータを記録する場合には、誤り訂正符号化器51、変調符号化器52及びブリコーダ53を経て生成されたブリコード信号D54を、書き込み電流ドライバ54及び書き込みヘッド55を介して記録媒体70に記録することができる。

【0108】一方、記録媒体70に記録されているデータを再生する場合には、磁気記録再生装置50は、読み出しヘッド56、等化器57、利得調整回路58及びA/D59を経て生成された軟入力とされるディジタルチャネル信号D61を、トレリスSISO復号器62により軟出力復号し、トレリス軟出力信号D64を生成する。このトレリス軟出力信号D64は、記録系における変調符号化器52の出力である変調符号化データD53に対応するものである。

【0109】次に、磁気記録再生装置50は、変調SISO復号器63によって、トレリスSISO復号器62から供給された軟入力とされるトレリス軟出力信号D64に対して軟出力復号を行い、変調軟判定信号D65を生成する。この変調軟判定信号D65は、記録系における変調符号化器52に入力された誤り訂正符号化データD52に対応するものである。

【0110】そして、磁気記録再生装置50は、誤り訂正軟復号器64によって、変調SISO復号器63から供給された軟入力とされる変調軟判定信号D65に対して誤り訂正符号の軟復号を行い、得られた軟出力であるデータをそのまま出力データD66として外部に出力するか、若しくは、軟出力であるデータを2値化して硬出力の出力データD66を生成し、外部に出力する。

【0111】このように、磁気記録再生装置50は、再

生系においてSISO型の変調SISO復号器62を備えることによって、軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、情報を削減する必要がないことから、結果として復号誤り率を低下させることが可能となる。

【0112】つぎに、第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置について説明する。この磁気記録再生装置は、変調符号化及び変調復号の際に、ブロック単位での符号化及び復号を行うのではなく、前後のデータに相関を持たせて符号化するとともに、制約条件に対応したトレリス復号を行うものである。

【0113】ここではまず、この磁気記録再生装置の記録系に適用する変調符号化手段である変調符号化器及び再生系に適用する変調復号手段であるSISO型の変調復号器について図4乃至図7を参照して説明する。

【0114】磁気記録再生装置は、共通のトレリスを元にして変調符号化及び変調復号を行う。一般に、トレリスの構造は、変調符号に加わる制限に応じて変化する

20 が、ここでは、符号化率R=2/3の(d, k)=(0, 2)制限を満たす変調符号化及び変調復号について説明する。

【0115】(d, k)=(0, 2)制限を満たす符号を生成するための状態遷移図は、図4に示すように表すことができる。同図において、S0, S1, S2は、それぞれ、各状態を示し、各状態間に付されたラベルは、それぞれ、状態遷移が行われた際に出力されるビットを示すものとする。例えば、“S0→S1→S2”という状態遷移が行われた場合には、出力されるビット系列

30 は、“00”となる。この状態遷移図にしたがった状態遷移が行われた場合に出力されるビット系列は、必ず(d, k)=(0, 2)制限を満たす。

【0116】ここで、2ビットの入力に対して3ビットの変調符号を出力する符号化率R=2/3の変調符号化を行うことを考える。この場合、(d, k)=(0, 2)制限を満たす変調符号を生成するには、同図に示す状態遷移図にしたがって3回ずつ状態遷移し、その際の出力を変調符号とすればよいことは明らかである。

【0117】このように同図に示す状態遷移図にしたがって3回状態遷移した際のトレリス、すなわち、状態遷移図を時間方向に展開して得られるダイアグラムは、図5に示すようになる。例えば、同図に示すトレリスにおいて、最上部に位置する枝は、状態S2から3回状態遷移して再び状態S2に至る経路が1通り存在し、その場合の出力が“100”であることを示している。

【0118】さらにここで、2ビットの入力に対して3ビットの変調符号を出力する変調符号化を行う場合には、各状態から2^2=4本の枝を選択し、これらの枝を2ビットの入力である“00, 01, 10, 11”に割り振ることによって、入力と出力とを対応付けたトレリ

スを構成することができる。このように、枝の選択を行って構成されたトレリスは、図6に示すようになる。同図において、各状態間に付されたラベルは、それぞれ、入力／出力を示している。例えば、同図に示すトレリスにおいて、 $S_0 \rightarrow S_2$ を示す1本の枝は、状態 S_0 の際に“11”を入力した場合には、“100”を出力して状態 S_2 に状態遷移することを示している。

【0119】第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置に適用する変調符号化器は、このような手順により構成されたトレリスにしたがって状態遷移を繰り返して 10 符号化を行い、入力データ間に相関のある変調符号系列を生成することとなる。このような変調符号化器としては、具体的には、例えば図7に示すような各部を有するものが考えられる。

【0120】同図に示す変調トレリス符号化器80は、当該変調トレリス符号化器80の状態（ステート）を保持するステートレジスタ81と、次に遷移すべき次状態を算出する次ステート算出回路82と、出力信号D84を算出する出力信号算出回路83とを有する。

【0121】ステートレジスタ81は、2ビットのレジ 20 スタであり、現在の変調トレリス符号化器80の状態を表す2ビットを保持する。ステートレジスタ81は、次ステート算出回路82から供給される次状態信号D83に基づく次状態を表す2ビットを保持するのにともなって、現在の状態を表す2ビットを示す状態信号D82を次ステート算出回路82及び出力信号算出回路83に供給する。

【0122】次ステート算出回路82は、入力信号D81と、ステートレジスタ81から供給される状態信号D82とを入力すると、例えば次表4に示す入出力対応表にしたがって次状態を算出する。次ステート算出回路82は、次状態を示す次状態信号D83をステートレジス 30 タ81に供給する。

【0123】

【表4】

表4 入出力対応表の一例

状態信号	入力信号	次状態信号
0	00	0
0	01	1
0	10	1
0	11	2
1	00	1
1	01	0
1	10	0
1	11	2
2	00	2
2	01	0
2	10	0
2	11	1
3	00	0
3	01	0
3	10	0
3	11	0

【0124】出力信号算出回路83は、入力信号D81と、ステートレジスタ81から供給される状態信号D82とを入力すると、例えば次表5に示す入出力対応表にしたがって出力信号D84を算出して出力する。なお、この出力信号D84は、 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たすものである。

【0125】

【表5】

表5

入出力対応表の一例

状態信号	入力信号	出力信号
0	00	111
0	01	110
0	10	010
0	11	100
1	00	110
1	01	011
1	10	111
1	11	100
2	00	100
2	01	101
2	10	111
2	11	110
3	00	111
3	01	111
3	10	111
3	11	111

【0126】このような変調トレリス符号化器80は、入力信号D81を入力すると、次ステート算出回路83によって、この入力信号D81と、状態信号D82とを用いて次状態を算出し、ステートレジスタ81に逐次保持させる。そして、変調トレリス符号化器80は、出力信号算出回路83によって、入力信号D81と、状態信号D82とを用いて出力信号D84を算出し、外部に出力する。

【0127】なお、変調トレリス符号化器80においては、状態S3が存在しないため、当該変調トレリス符号化器80のリセット前に状態S3に遷移した場合には、表5に基づいて即座に“111”を出力信号D84として出力し、状態S0に復帰する機能を実現している。

【0128】一方、このような変調符号化器により変調符号化された信号を変調復号する変調復号器としては、先に図6に示したトレリスに基づいて、BCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく復号を適用するものとする。磁気記録再生装置においては、このような変調復号器とすることによって、変調符号化器における信号の相関を利用したトレリス復号を行うことができる。

【0129】特に、磁気記録再生装置においては、トレリス復号を行う場合に、変調復号器として、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズム等のSISO型復号を行うことによって、変調復号器の後段に設けられる誤り訂正復号回路に軟情報を出力することができ、復号誤り率を向上させることができる。

【0130】このような変調符号化器及び変調復号器を

適用した磁気記録再生装置について図8を用いて説明する。

【0131】同図に示す磁気記録再生装置100は、データを記録媒体70に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器101と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調トレリス符号化器102と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すブリコーダ103と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ104と、記録媒体70に対してデータを記録するための書き込みヘッド105とを備える。また、磁気記録再生装置100は、記録媒体70に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体70に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド106と、入力したデータを等化する等化器107と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路108と、アナログデータをデジタルデータに変換するA/D109と、クロックを再生するタイミング再生回路110と、利得調整回路108を制御する利得調整コントロール回路111と、入力したデータに対してトレリス復号を施すSISO型の復号器であるトレリスSISO復号器112と、入力したデータに対して変調復号を施すSISO型の復号器である変調トレリスSISO復号器113と、入力したデータに対して誤り訂正軟復号を施す誤り訂正軟復号器114とを備える。

【0132】記録系における誤り訂正符号化器101は、上述した磁気記録再生装置50における誤り訂正符号化器51と同様に、入力データD101に対して誤り

30 訂正符号化を施す。誤り訂正符号化器101は、誤り訂正符号化して生成した誤り訂正符号化データD102を後段の変調トレリス符号化器102に供給する。

【0133】変調符号化手段である変調トレリス符号化器102は、上述した変調符号化器80として構成されるものであり、トレリスにしたがって状態遷移を繰り返して符号化を行い、入力データ間に相関のある変調符号系列を生成する変調符号化器である。変調トレリス符号化器102は、誤り訂正符号化器101から供給された誤り訂正符号化データD102に対して所定のトレリス変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データD103を生成する。変調トレリス符号化器102は、生成した変調符号化データD103を後段のブリコーダ103に供給する。

【0134】ブリコーダ103は、上述した磁気記録再生装置50におけるブリコーダ53と同様に、変調トレリス符号化器102から供給された変調符号化データD103に対して、記録媒体70へのデータの書き込みから再生系における等化器107における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、バイナリ信号であるブリコード信号D104を生成する。ブ

リコーダ103は、生成したプリコード信号D104を後段の書き込み電流ドライバ104に供給する。

【0135】書き込み電流ドライバ104は、上述した磁気記録再生装置50における書き込み電流ドライバ54と同様に、プリコーダ103から供給されたプリコード信号D104に対して、各ビットを書き込み電流値I_nに変換し、書き込み電流信号D105を生成する。書き込み電流ドライバ104は、生成した書き込み電流信号D105を後段の書き込みヘッド105に供給する。

【0136】書き込みヘッド105は、上述した磁気記録再生装置50における書き込みヘッド55と同様に、書き込み電流ドライバ104から供給された書き込み電流信号D105に応じた書き込み磁化信号D106を記録媒体70に対して与えることによって、記録媒体70に対してデータを記録する。

【0137】再生系における読み出しヘッド106は、上述した磁気記録再生装置50における読み出しヘッド56と同様に、記録媒体70から読み出し磁化信号D107を読み出し、この読み出し磁化信号D107に応じた読み出し電流信号D108を生成する。読み出しヘッド106は、生成した読み出し電流信号D108を後段の等化器107に供給する。

【0138】等化器107は、上述した磁気記録再生装置50における等化器57と同様に、読み出しヘッド106から供給された読み出し電流信号D108に対して、記録系における記録媒体70へのデータの書き込みから当該等化器107における出力までのチャネル応答が所定の特性となるように等化を行い、等化信号D109を生成する。等化器107は、生成した等化信号D109を後段の利得調整回路108に供給する。

【0139】利得調整回路108は、上述した磁気記録再生装置50における利得調整回路58と同様に、利得調整コントロール回路111から供給される利得調整コントロール信号D113に基づいて、等化器107から供給された等化信号D109の利得を調整し、利得調整信号D110を生成する。利得調整回路108は、生成した利得調整信号D110を後段のA/D109に供給する。

【0140】A/D109は、上述した磁気記録再生装置50におけるA/D59と同様に、タイミング再生回路110から供給されるクロック信号D112に基づいて、利得調整回路108から供給された利得調整信号D110のサンプリングを行い、利得調整信号D110をデジタル化してデジタルチャネル信号D111を生成する。A/D109は、生成したデジタルチャネル信号D111をタイミング再生回路110、利得調整コントロール回路111及びトレリスSISO復号器112に供給する。

【0141】タイミング再生回路110は、上述した磁気記録再生装置50におけるタイミング再生回路60と

同様に、A/D109から供給されるデジタルチャネル信号D111からクロックを再生し、クロック信号D112を生成する。タイミング再生回路110は、生成したクロック信号D112をA/D109に供給する。

【0142】利得調整コントロール回路111は、上述した磁気記録再生装置50における利得調整コントロール回路61と同様に、A/D109から供給されるデジタルチャネル信号D111に基づいて、等化信号D109の振幅を期待される値に保つための制御信号である利得調整コントロール信号D113を生成する。利得調整コントロール回路111は、生成した利得調整コントロール信号D113を利得調整回路108に供給する。

【0143】トレリス復号手段であるトレリスSISO復号器112は、上述した磁気記録再生装置50におけるトレリスSISO復号器62と同様に、A/D109から供給されるデジタルチャネル信号D111を入力し、記録系におけるプリコーダ103の前段から再生系における等化器107における出力までのチャネル応答に対応するトレリスに基づいて、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく軟出力復号を行い、トレリス軟出力信号D114を生成する。トレリスSISO復号器112は、生成したトレリス軟出力信号D114を後段の変調トレリスSISO復号器113に供給する。

【0144】変調復号手段である変調トレリスSISO復号器113は、記録系における変調トレリス符号化器102により符号化された信号を復号するものであり、SISO型の変調復号器である。変調トレリスSISO復号器113は、トレリスSISO復号器112から供給されるトレリス軟出力信号D114を入力し、記録系における変調トレリス符号化器102に入力された誤り訂正符号化データD102に対する軟判定値を求め、変調軟判定信号D115を生成する。変調トレリスSISO復号器113は、生成した変調軟判定信号D115を後段の誤り訂正軟復号器114に供給する。

【0145】誤り訂正軟復号手段である誤り訂正軟復号器114は、上述した磁気記録再生装置50における誤り訂正軟復号器54と同様に、変調トレリスSISO復号器113から供給される変調軟判定信号D115に対して、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく誤り訂正符号の軟復号を行い、軟出力又は硬出力の出力データD116として外部に出力する。

【0146】このような磁気記録再生装置100は、記録媒体70に対してデータを記録する場合には、誤り訂正符号化器101により生成された誤り訂正符号化データD102に対して、変調トレリス符号化器102によりトレリス変調符号化を施して変調符号化データD103を生成し、さらにプリコーダ103を経て生成されたプリコード信号D104を、書き込み電流ドライバ10

4及び書き込みヘッド105を介して記録媒体70に記録することができる。

【0147】一方、記録媒体70に記録されているデータを再生する場合には、磁気記録再生装置100は、読み出しヘッド106、等化器107、利得調整回路108及びA/D109を経て生成された軟入力とされるデイジタルチャネル信号D111を、トレリスSISO復号器112により軟出力復号し、トレリス軟出力信号D114は、記録系における変調トレリス符号化器102の出力である変調符号化データD103に対応するものである。

【0148】次に、磁気記録再生装置100は、変調トレリスSISO復号器113によって、トレリスSISO復号器112から供給された軟入力とされるトレリス軟出力信号D114に対して軟出力復号を行い、変調軟判定信号D115を生成する。この変調軟判定信号D115は、記録系における変調符号化器102に入力された誤り訂正符号化データD102に対応するものである。

【0149】そして、磁気記録再生装置100は、誤り訂正軟復号器114によって、変調トレリスSISO復号器113から供給された軟入力とされる変調軟判定信号D115に対して誤り訂正符号の軟復号を行い、得られた軟出力であるデータをそのまま出力データD116として外部に出力するか、若しくは、軟出力であるデータを2値化して硬出力の出力データD116を生成し、外部に出力する。

【0150】このように、磁気記録再生装置100は、再生系においてSISO型の変調トレリスSISO復号器112を備えることによって、軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができる。その上、磁気記録再生装置100は、記録系においてトレリス変調符号化を行う変調トレリス符号化器102を備え、この変調トレリス符号化器102により前後のデータに相関を持たせて符号化を行うとともに、変調トレリスSISO復号器112により制約条件に対応したトレリス復号を行うことができ、結果として復号誤り率をさらに低下させることができるとなる。

【0151】以上説明したように、上述した磁気記録再生装置50、100は、それぞれ、軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を低下させることができる。特に、磁気記録再生装置100は、ブロック単位での符号化及び復号を行わずに、前後のデータに相関を持たせて符号化するとともに、制約条件に対応したトレリス復号を行うことによって、復号誤り率をさらに低下させることが期待できる。すなわち、磁気記録再生装置50、100は、それぞれ、高精度の復号を実現するものであり、ユーザに高い信頼性を提供することができるものである。

【0152】なお、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば、上述した記録媒体70としては、磁気記録方式によるもの以外にも、いわゆるCD(Compact Disc)やDVD(Digital Versatile Disk)等の光記録方式による記録媒体又はいわゆるMO(Magneto Optical)等の光磁気記録方式による記録媒体であっても容易に適用可能であることは勿論である。

【0153】また、上述した実施の形態では、磁気記録再生装置100として、符号化側でトレリス変調符号化を行うとともに、復号側でトレリス変調復号を行うものとして説明したが、本発明は、符号化側でトレリス変調符号化を行わない場合であっても、復号側でトレリス変調復号を行い、軟判定値を出力する場合でも適用することができます。

【0154】さらに、上述した実施の形態では、磁気記録再生装置50、100として、記録系と再生系とを備えた単体の装置であるものとして説明したが、記録媒体に対してデータを記録する記録系として単体の記録装置を構成し、この記録装置により記録媒体に記録されたデータを再生する再生系を単体の再生装置として構成してもよい。

【0155】以上のように、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

【0156】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明にかかるデータ再生装置は、記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録機器が備える変調符号化手段により所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調復号手段を備え、この変調復号手段は、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力する。

【0157】したがって、本発明にかかるデータ再生装置は、軟入力軟出力型の変調復号手段によって、所定の変調符号化が施されたデータを変調復号することによって、軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を低下させることができる。

【0158】また、本発明にかかるデータ再生方法は、記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する際に行われる変調符号化工程にて所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調復号工程を備え、この変調復号工程では、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力する。

【0159】したがって、本発明にかかるデータ再生方法は、変調復号工程にて所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する際に、軟入力の信号を入力して、軟出力の信号を出力することによって、軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を低下させることができとなる。

【0160】さらに、本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、記録媒体に対してデータを記録する際に所定の変調符号化を施す変調符号化手段を備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、変調符号化手段により所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調復号手段を備え、変調復号手段は、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力する。

【0161】したがって、本発明にかかるデータ記録再生装置は、軟入力軟出力型の変調復号手段によって、変調符号化手段により所定の変調符号化が施されたデータを変調復号することによって、軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を低下させることができる。

【0162】さらにまた、本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、記録媒体に対してデータを記録する際に所定の変調符号化を施す変調符号化工程を備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、変調符号化工程にて所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する変調復号工程を備え、変調復号工程では、軟入力の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力する。

【0163】したがって、本発明にかかるデータ記録再生方法は、変調復号工程にて所定の変調符号化が施されたデータを変調復号する際に、軟入力の信号を入力して、軟出力の信号を出力することによって、軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を低下させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態として示す磁気記録

再生装置の再生系に適用する変調復号器における入出力例を説明する図である。

【図2】同磁気記録再生装置の再生系に適用する変調復号器の構成を説明するブロック図である。

【図3】同磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【図4】 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす符号を生成するための状態遷移図を説明する図である。

【図5】図4に示す状態遷移図にしたがって3回状態遷移した際のトレリスを説明する図である。

【図6】図5に示すトレリスから枝の選択を行って構成されたトレリスを説明する図である。

【図7】本発明の第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置の記録系に適用する変調トレリス符号化器の構成を説明するブロック図である。

【図8】同磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【図9】従来の変調符号化器における入出力例を説明する図である。

【図10】従来の変調復号器の構成を説明するブロック図である。

【図11】他の従来の変調復号器の構成を説明するブロック図である。

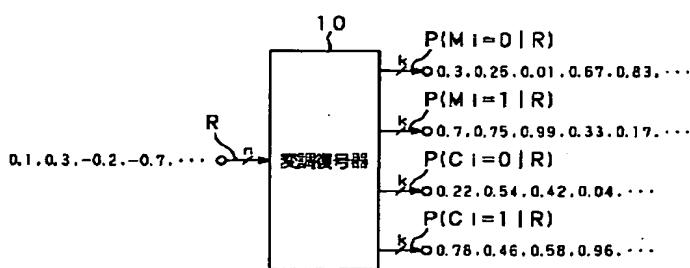
【図12】従来の磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【符号の説明】

10, 20 変調復号器, 21, 21, 21, 2
1,, 21, 21, 尤度算出回路, 50, 100
磁気記録再生装置, 51, 101 誤り訂正符号化

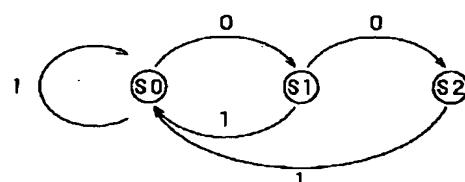
器, 52 変調符号化器, 53, 103 ブリコーダ,
62, 112 トレリスSISO復号器, 63
変調SISO復号器, 64, 114 誤り訂正軟復号
器, 70 記録媒体, 80, 102 変調トレリス
符号化器, 113 変調トレリスSISO復号器

【図1】



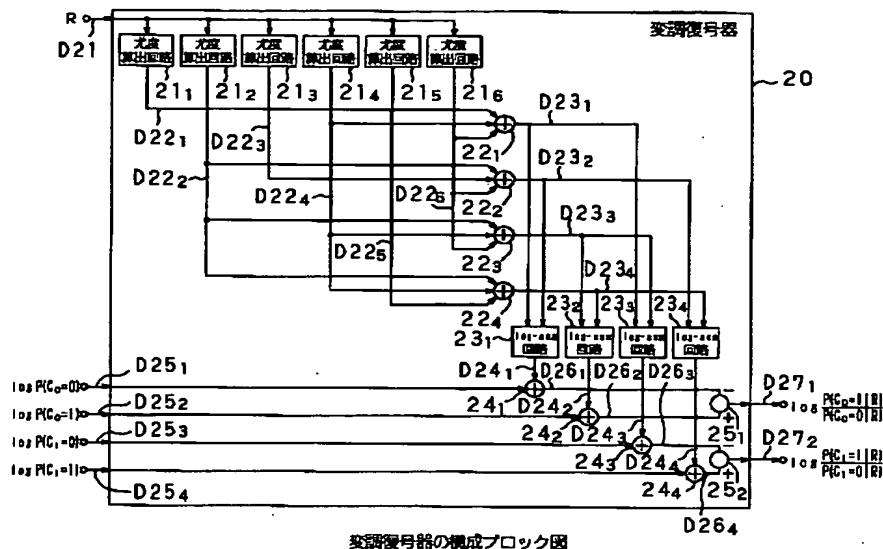
変調復号器における入出力例

【図4】

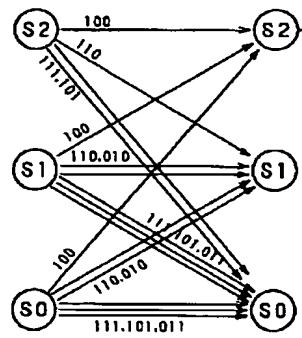


状態遷移図の説明図

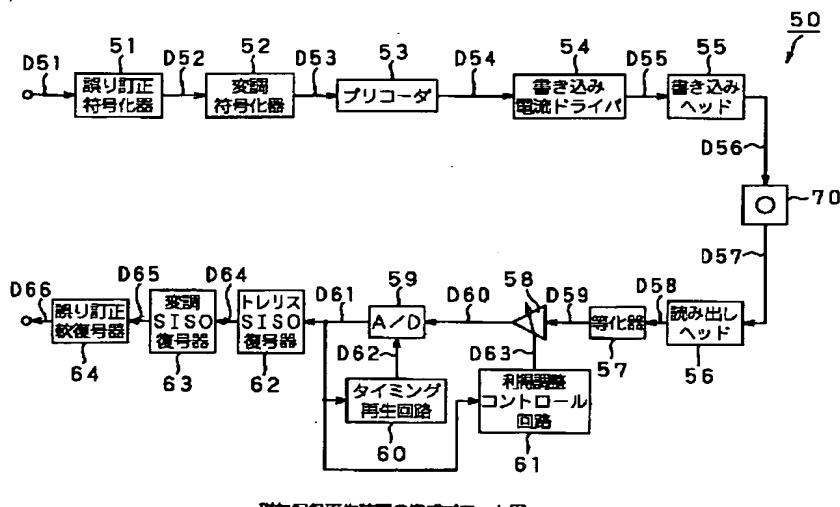
【図2】



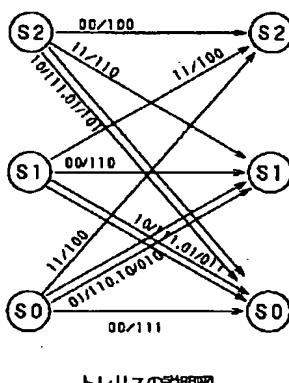
【図5】



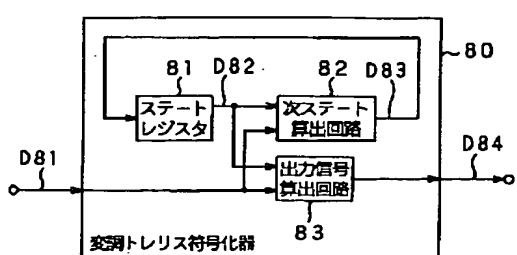
【図3】



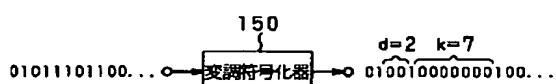
【図6】



【図7】

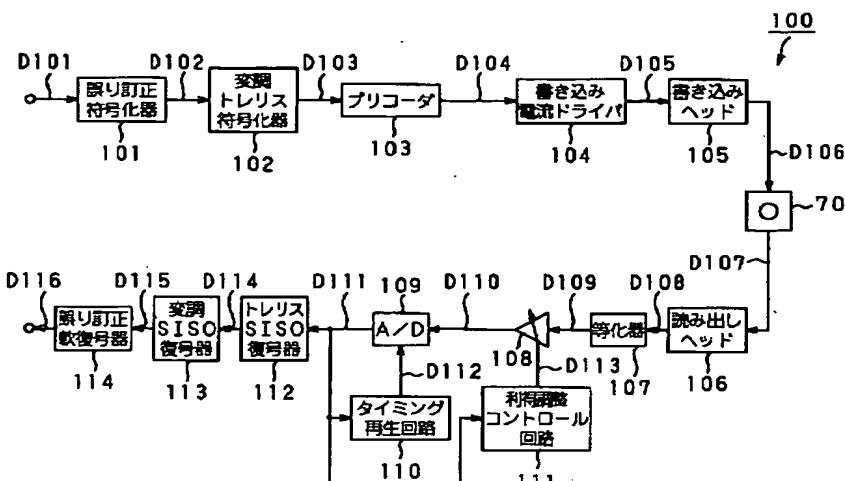


【図9】



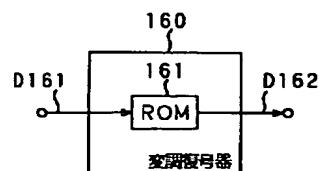
変調トレリス符号化器の構成ブロック図

【図8】



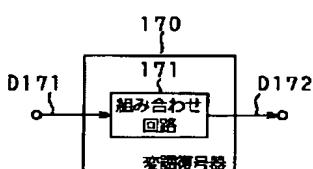
磁気記録再生装置の構成ブロック図

【図10】



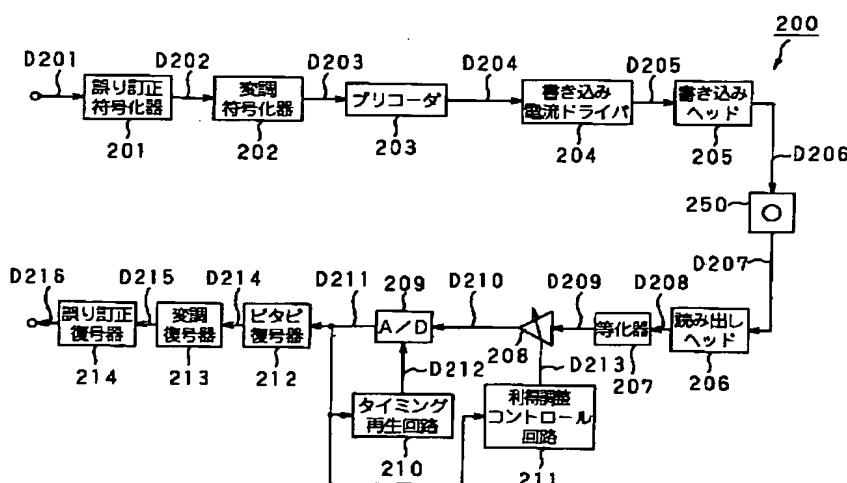
従来の変調復号器の構成ブロック図

【図11】



従来の変調復号器の構成ブロック図

【図12】



従来の磁気記録再生装置の構成ブロック図

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード (参考)

13/45

13/45

(72) 発明者 村山 淳

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内

F ターム (参考) 5D044 BC01 BC02 CC01 CC04 DE69

GL20 GL31 GL32

5J065 AC03 AE02 AF02 AG05 AH15
AH21 AH23